

Ergebnisse einer Bedarfsanalyse zur unterrichtlichen Aufbereitung der Nichtlinearen Physik

Joachim S. Haupt und Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin, Fachbereich Physik
Arnimallee 14, 14195 Berlin

joachim.haupt@fu-berlin.de, volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

Kurzfassung

Es werden die Ergebnisse einer Umfrage zur Nichtlinearen Physik in der Schule vorgestellt, bei der Berliner Lehrer_innen befragt wurden ($N = 108$). Dabei wurde untersucht, ob es (aus Sicht der Lehrer_innen) einen Bedarf an didaktischen Aufbereitungen zu aktuellen Themen der Physik und Themen der Nichtlinearen Physik in der Schule gibt. (Beides wurde bejaht.) Weitergehend wurde untersucht, welche Formen der Aufbereitungen attraktiv sind und tatsächlich auch genutzt werden. So erscheinen experimentelle Aufbereitungen am attraktivsten, gefolgt von Fortbildungen, Computersimulationen und Materialien (Prüfungsmaterialien und Unterrichtsentwürfe). Die Einsatzhäufigkeit verläuft analog zur Attraktivität, mit Ausnahme von Computersimulationen, die häufiger eingesetzt werden. Weiter wird dargestellt, dass ein kleiner Anteil der Lehrer_innen bereits Elemente der Nichtlinearen Physik unterrichtet hat (ca. 15 %), dies aber hauptsächlich aus eigenaktiver Beschäftigung mit dem Gegenstand stammt.

1. Einleitung

Die in diesem Beitrag vorgestellte Bedarfsanalyse ist Teil eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts, in dem Aspekte der Nichtlinearen Physik für die Schule aufbereitet werden sollen. Der Bedarfsanalyse ging eine explorative Untersuchung des Forschungsgegenstands voraus (vgl. [1]), deren Ergebnisse teilweise in die Erstellung von Themenbeispielen zur Nichtlinearen Physik eingingen.

Die Projektansatz besteht darin, eine didaktische Entwicklung durchzuführen, die möglichst lehrergerecht ist, da Lehrerinnen und Lehrer diejenigen sind, die in erster Linie über die Auswahl der Unterrichtsthemen bestimmen (natürlich unter den Vorgaben eines Rahmenlehrplans). Folglich sollten Lehrkräfte bereits zu Beginn der Entwicklung neuer Unterrichtsmaterialien mit einbezogen sein.

Die Datentabellen (soweit datenschutzrechtlich veröffentlichbar) und der Papierfragebogen werden als Anhang im Sinne von *Open Data* zur Verfügung gestellt.

2. Fragebogenkonstruktion

Mit der Erhebung sollten die folgenden Fragen geklärt werden:

- Gibt es einen Bedarf an aktuellen Themen der Physik für den Schulunterricht? (6.1.)
- Gibt es einen Bedarf an Themen der Nichtlinearen Physik für den Schulunterricht? (6.2.)
- Welche Formen didaktischer Aufbereitung werden für den Unterricht bevorzugt? (6.3.)

- Wie weit sind Themen der Nichtlinearen Physik bereits bei Lehrer_innen bekannt bzw. umgesetzt? (6.4.)

Dabei bietet die Klärung der Frage a) einen nützlichen Anker für die Interpretation der Frage b). Um sicherzustellen, dass die Lehrer_innen mit dem Begriff Nichtlineare Physik möglichst ähnliche Vorstellungen verbinden, wurden die Fragen zu b) erst am Ende des Fragebogens gestellt, da bei d) viele Beispiele dargeboten wurden.

In dem Fragebogen stellt sich die Zuordnung der Fragen zu den entsprechenden Fragestellungen wie folgt dar (vgl. Fragebogen im Anhang):

- Items: 1–3
- Items: 9–11
- Items: 4–6
- Items: 7–8

Zur Qualitätssicherung wurde ein Zwei-Phasen-Pretest durchgeführt (vgl. [2]). Dabei wurde der gesamte Fragebogen mittels Think-Aloud-Technik geprüft und zusätzlich wurden die Themenbeispiele der Nichtlinearen Physik (S. 5–6 im Fragebogen) mittels Paraphrasierung untersucht. Insgesamt wurden diese beiden Pretests mit jeweils sechs Personen durchgeführt und der Fragebogen jeweils iterativ angeglichen. Danach folgte ein kleiner quantitativer Pretest mit fünf Personen. Er hatte zum Ziel, Themenbeispiele auszuwählen, die möglichst weit bekannt sind, da zu erwarten ist, dass Themen der Nichtlinearen Physik eher unbekannt sind.

Anzahl Schulen (in Berlin)*	Schulart	Befragte Schulen Anteil / Anzahl Schulen
3 %	Abend-Hauptschule & Abend-Realschule	2 % / 1
23 %	Förderschule	2 % / 1
31 %	Gymnasium (GYM)	44 % / 20
40 %	Integrierte Sekundarschule (ISS)	52 % / 24
97 %**	Σ	100 % / 46

* Daten zum Vergleich der zufällig gewählten Stichprobe; Datenquelle: Berliner Schulverzeichnis [3]

** Es sind hier lediglich 97 % angegeben, weil zusätzlich noch Waldorfschulen in die Stichprobe mit einbezogen wurden, dort aber keine Fragebögen abgegeben wurden und sie daher in der Tabelle nicht extra aufgeführt sind.

Tab. 1: Verteilung der ausgewählten Schulen nach Schulart im Vergleich zur Grundgesamtheit

3. Erhebung und Verteilungswege

Um eine möglichst große Stichprobe zu erhalten, wurde der Fragebogen in zwei Formen verteilt. Einerseits als Onlinefragebogen¹ und zusätzlich als Papierfragebogen, auf dem aber auch der Link zur Onlineumfrage vermerkt war. Folglich hatten die Lehrer_innen, die den Papierfragebogen erhalten haben, die Wahl, ob Sie die Umfrage online oder offline – auf Papier – beantworten wollen.

Der Onlinefragebogen wurde an alle persönlich bekannten Lehrer_innen der AG Physikdidaktik der FU Berlin via Mail geschickt. Der Papierfragebogen wurde persönlich bei den Schulen für die Physiklehrer_innen abgegeben. Im Vorlauf wurde über die Erhebung via Mail informiert.² In den Sekretariaten wurde dann die entsprechende Anzahl an Fragebögen angepasst an die Anzahl an Physiklehrer_innen abgegeben (wurde jeweils in den Sekretariaten vor Ort beim Besuch erfragt). Dabei erhielt jede/r Lehrer_in einen Rücksendeumschlag mit dem Fragebogen, ein Incentive³ und eine Rücksendepostkarte, mit der Möglichkeit einer weiteren Teilnahme an der Entwicklung dieses Forschungsprojektes.

Insgesamt wurde zufällig 51 Berliner Schulen ausgewählt, an denen Physikunterricht zu vermuten ist.

¹ Die technische Umsetzung wurde mittels dem kostenlosen Onlinetool *SoSci Survey* realisiert: www.soscisurvey.de

² Auch wenn diese Information nur selten den Schulen beim Besuch bewusst war, führte es doch dazu, dass nur bei einer von 51 besuchten Schulen (wovon 5 Schulen keine Physiklehrer_innen hatten) eine Abgabe der Fragebögen abgelehnt wurde. Eine Schule hat sich bereits im Vorfeld gemeldet, dass sie keine Teilnahme wünscht.

³ Als Incentive wurde eine kleine Schachtel Pralinen gewählt (ca. 1 Euro pro Packung). Es wurde nicht das häufig eingesetzten Lotteriepapier genutzt, weil direkte Incentives eine höhere Wirksamkeit zeigen, auch wenn sie nicht monetär sind (vgl. [4]).

Dabei wurde das Berliner Schulverzeichnis [3] genutzt und anhand der Schulform eine Vorauswahl getroffen.⁴ Lediglich an 46 Schulen gab es Physiklehrer_innen. An diese wurden insgesamt 243 Papierfragebögen verteilt. Die weiteren Verteilungen sind in Tabelle 1 zu sehen. Auffällig dabei ist, dass Förderschulen in der Stichprobe unterrepräsentiert sind, was daran liegt, dass in den angefragten Förderschulen keine Physiklehrer_innen tätig waren. Weniger auffällig, aber bemerkenswert ist, dass anscheinend Gymnasien (GYM) im allgemeinen mehr Physiklehrer haben, als Integrierte Sekundarschulen (ISS) – rund 6,5 (GYM) zu rund 4,5 (ISS) Lehrer_innen pro Schule. Mögliche Ursachen dafür könnten zufällige Schwankungen in der Stichprobe, Schulgrößenunterschiede von GYM und ISS oder der höherer Physikstundenbedarf⁵ von GYM und ISS sein.

Insgesamt scheint die Stichprobe gut die verschiedenen Schulformen abzudecken.

4. Rücklauf und Ausschluss

Insgesamt kamen von den 243 verteilten Fragebögen

⁴ In die Auswahl wurden alle Integrierten Sekundarschulen, Gymnasien, Abendschulen, Förderschulen und freien Waldorfschulen aufgenommen. Ausgeschlossen wurden alle Ausländischen Schulen, Kollegs, berufliche Gymnasien, berufliche Schulen (Heilpraktiker, Kosmetik, künstlerisch, sonderpädagogische Aufgaben, Wirtschaft, Verwaltung, etc.), Grundschulen, Sprachschulen, schulpraktische Seminare, Volkshochschulen und sonstige Schultypen. Ein Teil der beruflichen Schulen (u. a. auch berufliche Gymnasien) wurde fälschlicherweise ausgeschlossen (N=21). Für die Repräsentativität der Stichprobe ist dies aber vernachlässigbar.

⁵ Im Durchschnitt gibt es die folgende Anzahl an Wochenunterrichtsstunden Physik in den Klassenstufen 7 bis 10 (aufsummiert):

ISS 5 ½ Unterrichtsstunden [5]

GYM 6 ½ Unterrichtsstunden [6]

auf dem Postweg 71 Fragebögen zurück (Rücklaufquote 29 %), wobei der Rücklauf real noch höher sein könnte durch zusätzliche Ausfüllungen des Fragebogens online, was nicht überprüft werden kann.

Zusätzlich kamen noch 43 Fragebögen online zurück, die vollständig bearbeitet waren. Unklar ist, wie viele Personen online angefragt wurden, da auch die angeschriebenen Lehrer_innen gebeten wurden, den Fragebogen online weiter zu verteilen.

Von dem Rücklauf wurde aus inhaltlichen Kriterien die Lehr_innen ausgeschlossen, die

- aktuell kein Physik unterrichten. Dies wurde mittels Selbstangabe der Lehrer_innen, wie viele Stunden Physik sie pro Woche unterrichten, überprüft. Es sollte somit sichergestellt werden, dass die Rückmeldungen der aktiv unterrichtenden Lehrer_innen ausgewertet werden (und nicht z. B. wissenschaftliche Mitarbeiter_innen, Pensionäre o. ä.). Dies traf auf vier Befragte zu.
- mehr als die Hälfte des Fragebogens nicht ausgefüllt haben, da bei diesem Personenkreis eine geringe Motivation zur Beantwortung des Fragebogens zu vermuten ist. Dies traf auf zwei Befragte zu.

Somit bleiben insgesamt 108 Fragebögen erhalten, wovon 68 aus Papierfragebögen entstammen und 40 aus online erhobenen Fragebögen. Die Papierfragebögen wurden unabhängig voneinander zweimal abgetippt, um Eingabefehler zu vermeiden.⁶

5. Demographie

Zum Vergleich der erhobenen Demographiedaten wird als Referenzgruppe auf die Daten der Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung (Berlin) zurückgegriffen [7]. Es handelt sich dabei um alle Physiklehrer_innen des Landes Berlin an ISS und GYM (insgesamt 1203 Lehrer_innen). Die Stichprobe unterscheidet sich von dieser Referenzgruppe (wenn nicht anders angegeben) in den folgenden Punkten:

- Die Stichprobe besteht zu kleinem Teil nicht aus Berliner Physiklehrer_innen (Referenzgruppe besteht nur aus Berliner Physiklehrer_innen).
- Die Stichprobe hat einen großen Anteil Referendar_innen (Referenzgruppe hat keine Referendar_innen).

Die Stichprobe besteht zu ca. 99 % aus GYM & ISS (Referenzgruppe besteht nur aus GYM und ISS).

In Abbildung 1 ist das Alter der Befragten, sowie deren Geschlechterverteilung dargestellt. Auffällig war in der ersten Auswertung der Mangel an Lehrer_innen in der Altersgruppe 35 bis 45. Zum Abgleich ist in grau eine vergleichbare Grundgesamtheit dargestellt. Exakt betrachtet dürfte die grau

dargestellte Grundgesamtheit nur mit dem Rücklauf via Brief (blaue Balken) verglichen werden und dort auch nur mit den öffentlichen Gymnasien und Integrierten Sekundarschulen (nicht dargestellt). Trotzdem zeigt dieser Vergleich bereits die Ursache für die Altersverteilung in der Stichprobe: Es gibt wenige Physiklehrer_innen in der Altersgruppe 35 bis 45.

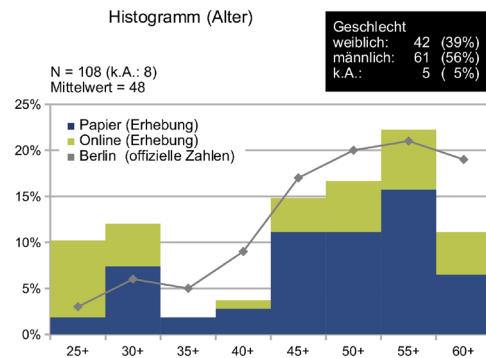


Abb. 1: Histogramm: Alter der Befragten, getrennt nach den Gruppe Papierfragebogen (zufällige Schulauswahl in Berlin) und Onlinefragebogen (via Mail verteilte Anfrage); Im Vergleich grau dargestellt: Histogramm Referenzgruppe.

Zusätzlich fällt auf, dass der Anteil der jungen Lehrkräfte (Alter 25 bis 35) in der Stichprobe überhöht ist gegenüber der vorhandenen Grundgesamtheit. D. h. die Stichprobe ist vermutlich leicht altersverzerrt, mit einer Überhöhung der jüngeren Lehrkräfte. Ein Grund dafür ist die nicht zufällige Anfrage von Lehrkräfte via Mail, die vorrangig jüngere Lehrkräfte erreicht hat (hellgrün dargestellten Anteil in Abb. 1).

In der Referenzgruppe liegt der Anteil männlicher Lehrkräfte bei 59 % [7] – in der Stichprobe bei 56 %. Somit ist bezüglich der Geschlechterverteilung keine Verzerrung festzustellen.

Die Verteilung auf die verschiedenen Funktionsgruppen in der Stichprobe stellt sich wie folgt dar:⁷

Lehrer_in ⁸	54 %
Fachbereichsleiter_in	20 %
Referendar_in ⁹	17 %
Sonstiges ¹⁰	6 %
k. A.	3 %

Der Anteil der Referendar_innen beträgt in Berlin zum Zeitpunkt der Erhebung 6 % [7]. Die Stichprobe ist durch den Online-Rücklauf verzerrt hin zu mehr Referendar_innen.¹¹

⁷ Jede Person wurde in dieser Auswertung nur einer Funktionsgruppe zugeordnet.

⁸ alle Lehrer_innen ohne weitere gesonderten Funktion.

⁹ inklusive Quereinsteiger im Vorbereitungsdienst.

¹⁰ (in absteigender Häufigkeit) Schulleiter_in, Seminarleiter_in, Päd. Koordinator_in/ Oberstufenkoordinator_in, wissenschaftliche/r Mitarbeiter_in.

¹¹ Einzelgruppenauswertung: k.A.: 3 Personen, Onlinerrücklauf: 34 %, Referendar_innen (von 38 Personen), Briefrücklauf: 6 % Referendar_innen (von 67 Personen).

⁶ 0,5 % der Eingaben stimmten nicht überein und mussten korrigiert werden.

In Abb. 2 ist dargestellt, welchen Studienhintergrund die befragten Physiklehrkräfte haben. Es stellt sich heraus, dass circa ein Viertel der Befragten kein Physikstudium mit dem Berufsziel Lehramt studiert haben. Weitergehend sogar, dass 12 % der Lehrer_innen aus der untersuchten Stichprobe Physik unterrichten, obwohl sie fachfremd studiert haben.

In der Statistik der Senatsverwaltung Berlin werden keine Studiengänge erhoben, sondern lediglich, welche Lehrkraft für welche Fächer eine Befähigung hat (z. B. durch Studium oder auch durch Fortbildung). Der Anteil der fachfremd unterrichtenden Lehrer_innen ist somit nur bedingt vergleichbar. Er liegt in der Referenzgruppe bei 14 % der Lehrkräfte [7].¹² Damit erscheint die Stichprobe bezogen auf fachgerechten Unterricht unverzerrt zu sein.

6. Auswertung

In der Auswertung wurde Wert darauf gelegt, speziell die beiden Verzerrungen (Überschuss an jungen Lehrer_innen und Überschuss an Referendar_innen) zu berücksichtigen und diese gesondert auszuweisen. Dazu wurden neben der gesamten Stichprobe auch noch die folgenden Teilgruppen analysiert (Tab. 2):

	Anzahl
Alter: [jung] unter 45 Jahren (<45)	30
8 k. A. [alt] über 44 Jahren (≥45)	70
Funktion: [Ref] Referendar_in	17
3 k. A. [No-Ref] Nicht-Referendar_in	88

Tab. 2: Aufteilung in Gruppen

6.1. Bedarf aktueller Themen

Um den Bedarf festzustellen, sollten die Lehrer_innen einen ‚logischen Dreischritt‘ beantworten:

- Soll das betreffende Thema überhaupt in Schule unterrichtet werden?
- Existieren für das betreffende Thema ausreichend didaktische Aufbereitungen?
- Gibt es Entwicklungsbedarf?

Es zeigt sich bei der Auswertung, dass ca. 65 % der befragten Lehrer_innen zustimmen (s. Abb. 3), dass aktuelle Themen der Physik in der Schule behandelt werden sollten.

¹² Anzumerken ist an dieser Stelle, dass diese Zahlen sehr stark je nach Schulform schwanken: An den ISS unterrichten im Fach Physik 24 % der Lehrkräfte fachfremd (bezogen auf erteilte Unterrichtsstunden ergeben sich 17 % fachfremd unterrichteten Physikunterricht). Bei den GYM unterrichteten im Fach Physik nur 2 % der Lehrkräfte fachfremd (bezogen auf erteilte Unterrichtsstunden ergeben sich 2 % fachfremd unterrichteten Physikunterricht). Ursache dafür soll nach Auskunft der Senatsverwaltung u. a. die Strukturreform während der Etablierung der ISS sein.

Im zweiten Teil geben ca. 75 % der befragten Lehrer_innen an, dass nicht ausreichend viele didaktische Aufbereitungen vorhanden sind (s. Abb. 4). Es lässt sich ein sehr großer Bedarf an der Entwicklung didaktischer Aufbereitung feststellen ($\approx 80\%$, s. Abb. 5). Dieser ausgedrückte Bedarf ist größer als die Befürwortung der Unterrichtsrelevanz (vgl. Abb. 3).

Bei der Untersuchung zum Bedarf aktueller Themen überlappen die beiden Teilgruppen (jung/alt und Ref/No-Ref) in ihren Konfidenzintervallen. Damit kann gerechtfertigt werden, dass die Teilgruppen hier als gleich angenommen werden können.

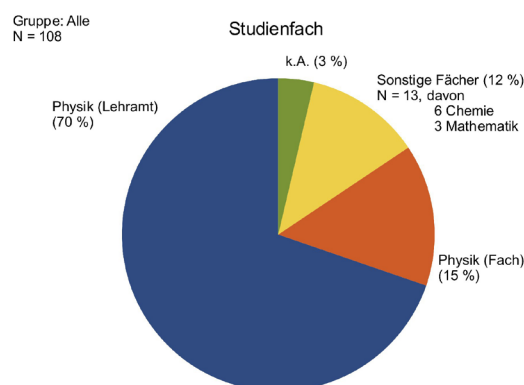


Abb. 2: Studienfach der Befragten

Aktuelle Themen: Im Physikunterricht sollten Themen behandelt werden, die aktuell in der Physik beforscht werden.

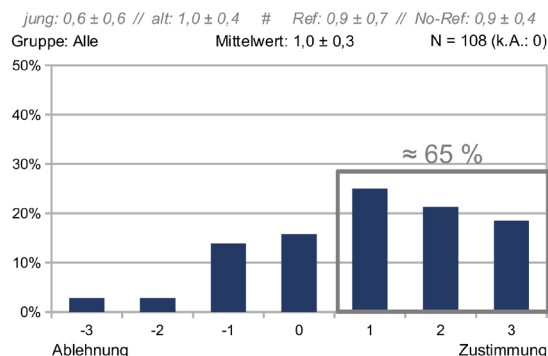
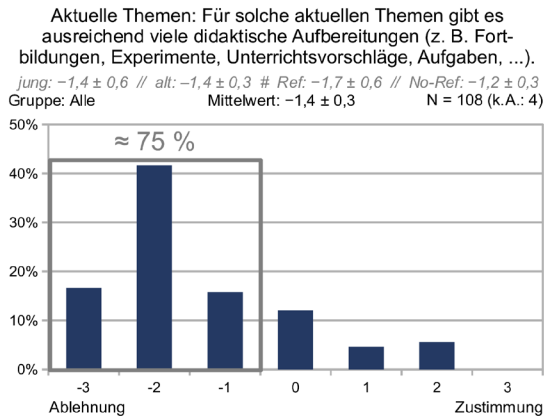
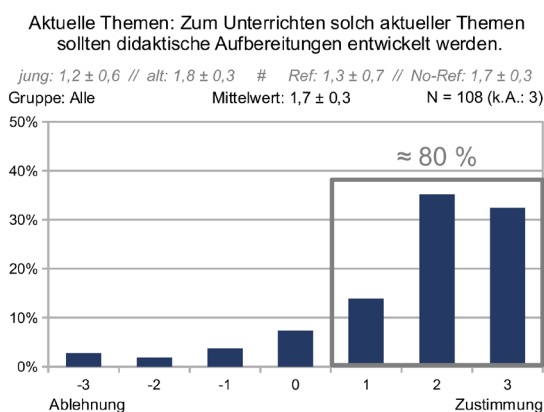


Abb. 3: Aktuelle Themen: Unterrichtsrelevanz¹³

¹³ Die Antworten sind auf einer siebenstufigen Skala zwischen den Maximalwerten: „lehne voll und ganz ab“ und „stimme voll und ganz zu“ verteilt. Mittelwert, Konfidenzintervall ($\alpha = 95\%$) und Anzahl (N) beziehen sich auf die gesamte Stichprobe. In grau finden sich Angaben zu den Mittelwerten und Konfidenzintervallen ($\alpha = 95\%$) der Teilgruppen jung (< 45 Jahre) und alt (≥ 45 Jahre), sowie Referendar_innen (Ref) und Nicht-Referendar_innen (No-Ref).

Abb. 4: Aktuelle Themen: Existenz didaktischer Aufbereitungen¹³Abb. 5: Aktuelle Themen: Entwicklungsbedarf¹³

6.2. Bedarf Themen Nichtlineare Physik

Die Bedarfsanalyse zu Themen der Nichtlinearen Physik wurde mit strukturgleichen Items durchgeführt, wie auch die Bedarfsanalyse zu den aktuellen Themen.

Ca. 50 % der befragten Lehrkräfte finden, dass Themen der Nichtlineare Physik im Schulunterricht behandelt werden sollten (s. Abb. 6).

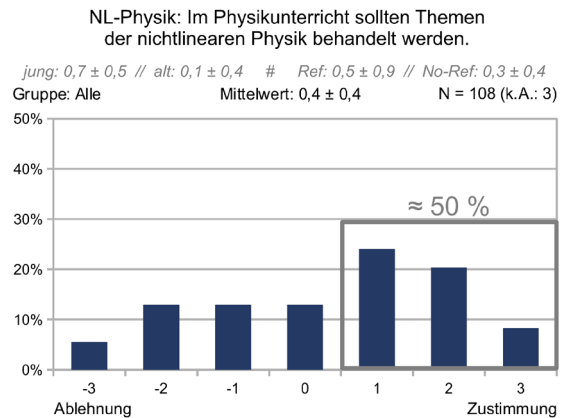
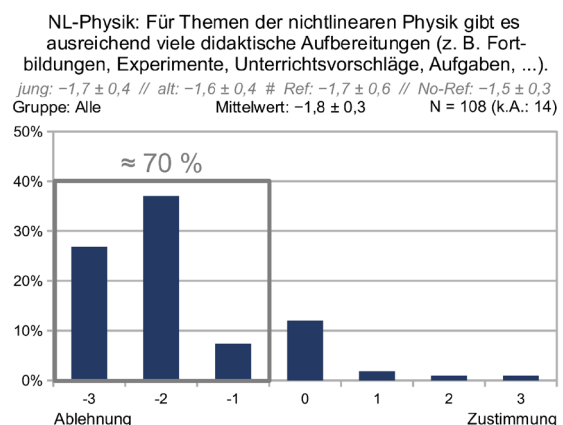
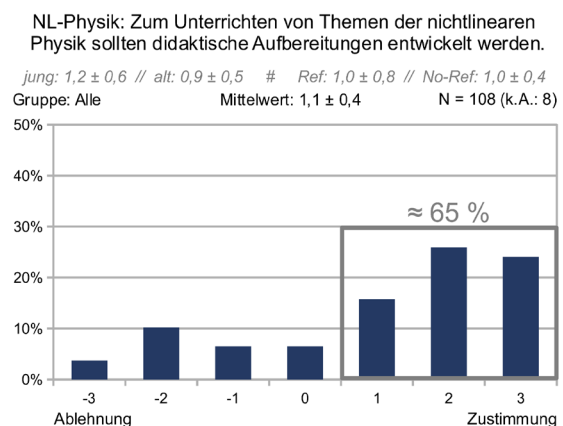
Ungefähr 70 % der befragten Lehrer_innen verneinen, dass es ausreichend Materialien zur Aufbereitung der Nichtlinearen Physik gibt (s. Abb. 7).

Die starke „Ablehnung“¹⁴ der Nichtlinearen Physik als relevantes Physikunterrichtsthema ist mit ca. 20 % der Physiklehrkräfte größer, als bei aktuellen Themen (ca. 5 %). Das spiegelt sich nicht in einer entsprechenden Zustimmung zur Existenz didaktischer Aufbereitungen wider (s. Abb. 7).

Die Zustimmung zum Entwicklungsbedarf fällt wie die Zustimmung zur Relevanz etwas verhaltener aus als bei aktuellen Themen (s. Abb. 8), und der Entwicklungsbedarf ist größer als die Einschätzung, dass das Thema unterrichtsrelevant ist. Ein Anteil

von etwa 65 % der befragten Lehrer_innen sehen einen Bedarf zur Entwicklung von didaktischen Aufbereitungen zur Nichtlinearen Physik.

Die Untersuchung zum Bedarf von Themen der Nichtlinearen Physik ist robust gegenüber der Stichprobenverzerrung (jung/alt und Ref/No-Ref). Ebenso kann die Stichprobe als repräsentativ für den Bedarf bzgl. der Nichtlinearen Physik gewertet werden.

Abb. 6: Nichtlineare Physik: Unterrichtsrelevanz¹³Abb. 7: Nichtlineare Physik: Existenz didaktischer Aufbereitungen¹³Abb. 8: Nichtlineare Physik: Entwicklungsbedarf¹³

¹⁴ Als „stark ablehnen“ wird ein Skalenswert von -3 oder -2 angenommen.

6.3 Bevorzugte Form didaktischer Aufbereitung

Mit dieser Erhebung sollte weitgehend geklärt werden, welche Form der didaktischen Aufbereitungen von Lehrkräften als sinnvoll wahrgenommen wird. Dabei ist ganz klar zu unterscheiden, welche Formen attraktiv wirken und welche Formen tatsächlich auch genutzt werden. Deswegen wurden beide Parameter getrennt erhoben. Um eine gewisse Vergleichbarkeit zu haben, wurden einige Möglichkeiten von gängigen didaktischen Aufbereitungen benannt, und die Lehrkräfte durften einerseits auf einer sechsstufigen Skala die Attraktivität einschätzen und andererseits angeben, ob sie die genannte didaktische Unterstützung bereits genutzt bzw. eingesetzt haben. Die dargebotenen Optionen waren (vgl. S. 3 Fragebogen im Anhang):

- Experimentierkoffer mit Freihandexperimenten in Klassenstärke
- Satz SchülerInnen-Experimente, mit denen Messungen durchgeführt werden
- LehrerInnen-Experimentierkoffer mit Demonstrationsexperimenten
- ausgearbeiteter Unterrichtsentwurf
- Computer-Simulationen zur Darstellung von Modellen
- eintägige LehrerInnenfortbildung zum Kennenlernen einer neuen Themeneinheit
- mehrtägige LehrerInnenfortbildung mit Vertiefungsphasen
- Prüfungsmaterialien
- schulpraktische Fortbildung
- fachphysikalische Fortbildung

Die Gesamtauswertung zeigt Abbildung 9.

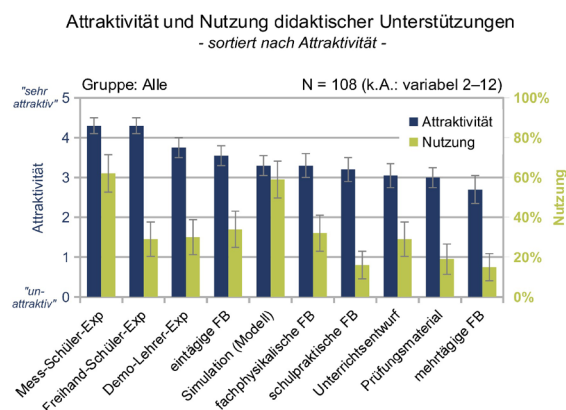


Abb. 9: Formen didaktischer Unterstützungen (sortiert nach Attraktivität). Dargestellt sind in dunkelblau die Mittelwerte einer sechsstufigen Skala inkl. Konfidenzintervall ($\alpha = 95\%$) und in hellgrün der Anteil der Lehrer_innen, die angegeben haben, dass sie die entsprechende didaktische Unterstützung bereits genutzt haben inkl. Konfidenzintervall ($\alpha = 95\%$).

Interessant erscheint beispielsweise, dass eintägige Fortbildung allgemein wesentlich attraktiver erscheinen als mehrtägige Fortbildungen. Genutzt

werden beide Formen aber eher wenig (aber auch hier zeigt sich: mehrtägige FB werden deutlich weniger besucht als eintägige FB.) Fasst man alle Optionen zu Fortbildungen zusammen (f,g,i und j) ergibt sich, dass ca. 55 % der befragten Lehrkräfte eine Fortbildung besucht haben.

Ein interessantes Bild zeigt sich auch bei der Nutzung von didaktischen Unterstützungen: Hier heben sich deutlich die Optionen „b) Schüler_innen-Experimente zur Messung“ und „e) Computer-Simulationen“ ab, die besonders stark eingesetzt werden, jeweils von ca. 60 % der befragten Lehrkräfte. Alle anderen Einzeloptionen fallen stark dahinter zurück.

In Bezug auf die geäußerte Attraktivität werden die Optionen „b) Schüler_innen-Experimente zur Messung“ und „a) Experimentierkoffer mit Freihandexperimenten“ besonders stark gewählt (>80 %).

Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse sortiert nach Nutzung der Optionen.

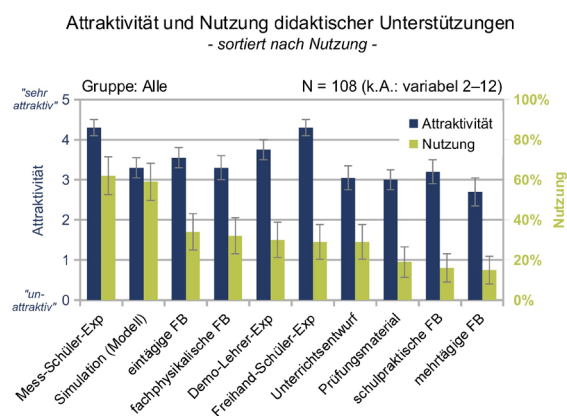


Abb. 10: Formen didaktischer Unterstützungen (sortiert nach Nutzung); s. o.

Es wurde weitergehend geprüft, welchen Einfluss die Stichprobenverzerrung hat. Dazu wurden die einzelnen Mittelwerte von Attraktivität und Nutzung zu den Referenzgruppen (jung/alt; Ref/No-Ref) mittels T-Test miteinander verglichen. Es wurden insgesamt 20 T-Tests durchgeführt und folglich wurde der akzeptierte Alphafehler konservativ auf 0,0025 adjustiert (Bonferroni-Korrektur). Zusätzlich wurde eine weitere Untergruppe analysiert: Die Lehrkräfte, die der Nichtlinearen Physik als Unterrichtsthema positiv gegenüber stehen (der Anteil der Lehrkräfte, der Interesse am Einsatz im Unterricht hat) [NLpos].¹⁵ Dies soll prüfen, ob die Lehrer_innen, die potentiell Interessenten für eine neue didaktische Aufbereitung zur Nichtlinearen Physik sind, anders verteilte Interessen haben. Damit ergeben sich 30 T-Tests und entsprechend ein adjustiertes Alphafehler-Niveau von 0,0017.

¹⁵ Eine Lehrkraft wurde als NLpos gewertet, wenn sie stark zugestimmt hat (2 oder 3) zu den beiden Aussagen Unterrichtsrelevanz (s. Abb. 6) und Entwicklungsbedarf (s. Abb. 8) zur Nichtlinearen Physik.

Es zeigen sich auf diesem Niveau zwei Unterschiede:

Freihand-Schüler-Exp, Nutzung (a)

$\alpha \leq 0,17\%$ $\approx 50\% \pm 20\%$ [jung]
 $\approx 20\% \pm 10\%$ [alt]

Fachphysikalische FB, Nutzung (j)

$\alpha \leq 0,17\%$ $\approx 10\% \pm 10\%$ [jung]
 $\approx 40\% \pm 10\%$ [alt]

Junge Lehrer_innen (der Stichprobe) haben an wesentlich weniger fachphysikalische Fortbildungen teilgenommen und diese jungen Lehrer_innen haben häufiger Experimentierkoffer mit Freihandexperimenten eingesetzt.

Die Auswertungsunterschiede für die Gruppe NLpos sind alle nicht zu beachten, weil sie oberhalb des akzeptierten Alphafehlers liegen.

6.4 Bekanntheit/Umsetzung Nichtlineare Physik

Kernbestandteil dieses Fragebogens waren drei Befragungsblöcke zu den Themen Chaosphysik, Strukturbildung & Selbstorganisation und Granulare Materie. Diese drei Themenblöcke wurden durch jeweils sechs Einzelthemen beschrieben (vgl. Fragebogen im Anhang, S. 5–6). Die Auswertung dazu zeigen die Abbildungen 11 bis 13.

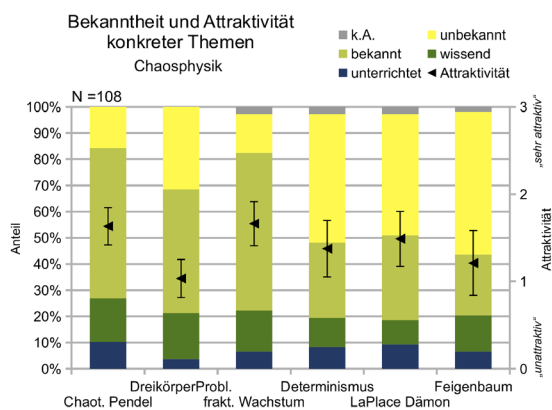


Abb. 11: Auswertung Chaosphysik¹⁶

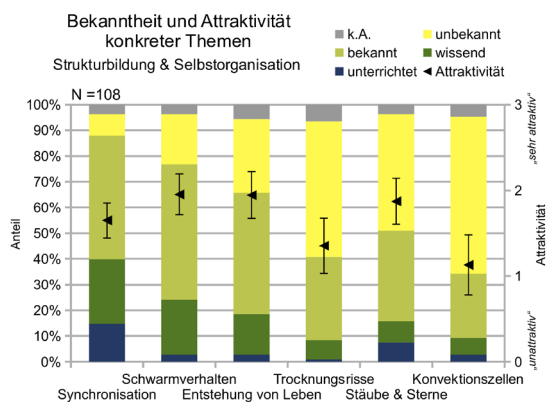


Abb. 12: Auswertung Strukturbildung & Selbstorganisation¹⁶

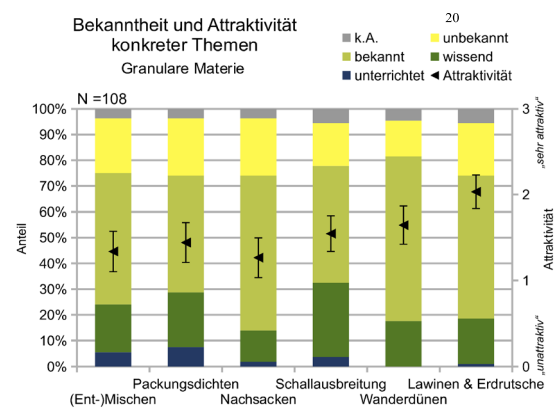


Abb. 13: Auswertung Granulare Materie¹⁶

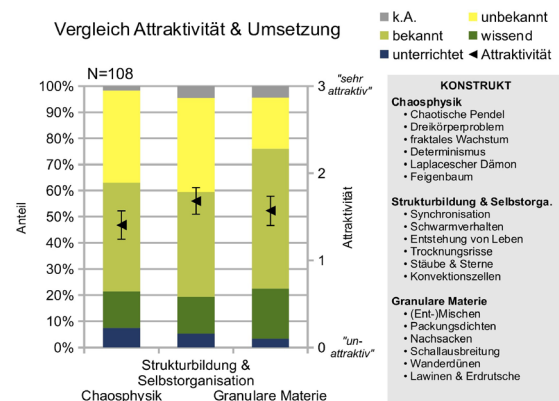


Abb. 14: Auswertung dreier Themenbereiche der Nichtlinearen Physik; Werte sind gemittelt über die jeweiligen sechs Einzelitems¹⁶

In Abbildung 14 ist eine Zusammenfassung der Einzelthemen dargestellt. Dabei wurden die Bekanntheit von *Chaosphysik*, *Strukturbildung & Selbstorganisation* sowie *Granulare Materie* ermittelt, aus den Mittelwerten der entsprechenden sechs Beispiele. Die im Fragebogen exemplarisch aufgeführten Phänomene der Nichtlinearen Physik sind zu ca. 60–70 % bekannt. Dies bedeutet nicht, dass dies der Anteil der Lehrer_innen ist, denen Themen der Nichtlinearen Physik bekannt sind. Dies trifft auf ca. 95 % der befragten Lehrer_innen zu, die mindestens ein Thema aus den verschiedenen Bereichen kennen. Des weiteren haben ca. 15 % aller Lehrer_innen bereits eines der genannten Themen unterrichtet.¹⁷

In der Gesamtheit gaben ca. 30 % der Stichprobe an, dass sie sich aus Eigenantrieb mit mindestens einem der Themen beschäftigt haben. Wohingegen nur ca. 15 % angaben, dass sie dies durch externe Vorgaben gemacht haben.

Obwohl es sich bei den Themen der Nichtlinearen Physik lediglich um Randthemen des Physikunter-

¹⁶ Attraktivität mit Konfidenzintervall ($\alpha = 0,95$)

¹⁷ gemittelte Angabe, Einzelwerte: 17 % aller Lehrer_innen haben min. ein Thema aus dem Bereich *Chaosphysik* unterrichtet, 20 % *Strukturbildung und Selbstorganisation*, 9 % *Granulare Materie*

richts handelt¹⁸, wurden Beispielthemen von etwa 5 % der Lehrer_innen unterrichtet.

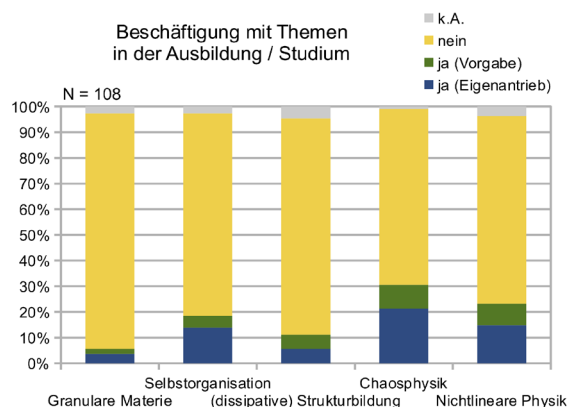


Abb. 15: Beschäftigung mit Themen der Nichtlinearen Physik in Ausbildung & Studium

7. Interpretation

7.1 Bedarf aktueller Themen

Die Antworten der Lehrer_innen zur Unterrichtsrelevanz (s. Abb. 3) trifft trotz hoher Zustimmung natürlich keinerlei Aussage über den tatsächlichen Anteil dieser aktuellen Themen am Physikunterricht. Die hohe ‚Ablehnung‘ gegenüber dem Vorhandensein von didaktischen Aufbereitungen (s. Abb. 4) kann auf einen wirklichen Mangel hinweisen, aber genauso auf die Unkenntnis solcher didaktischen Angebote. Weitergehend könnten alle, die die Unterrichtsrelevanz von aktuellen Themen der Physik stark ablehnen¹⁹ (ca. 5 %), ebenso eher geneigt sein anzugeben, dass ausreichend didaktische Angebote vorhanden sind.

Dass der Bedarf an didaktischen Unterstützungen mehr Zustimmung erhält als die Relevanz (vgl. Abb. 3 zu Abb. 5) kann gedeutet werden als möglicher Einsatz der befragten Themen in außerunterrichtlichen Lerngelegenheiten (z. B. AGs, Eigeninteresse der Schüler) oder auch als ein Eigeninteresse der Lehrkräfte, ohne die Intention, diese Inhalte im Unterricht einzusetzen. Gleichwohl wäre ein Effekt denkbar, der auf der Logik beruht: Wenn ein Thema im Unterricht unterrichtet werden soll, muss dafür ein anderes weichen, aber wenn weitere didaktische Aufbereitungen existieren, sind dies lediglich Angebote, die nicht wahrgenommen werden müssen. Es besteht also ggf. kein Auswahl-Dilemma bei der Zustimmung zu Aussage aus Abbildung 5, folglich wird ihr eher zugestimmt. Insgesamt zeigt sich aber,

dass ein Bedarf für die Entwicklung didaktischer Aufbereitung aktueller Themen der Physik vorhanden ist (ggf. verbunden mit der Unklarheit darüber, welche Themen jede/r Lehrer_in sich unter dem Begriff aktuelle Themen vorstellt).

Die Verzerrung der Stichprobe (zu jung, zu viele Referendar_innen) hat einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Bedarfsanalyse zu aktuellen Themen.

7.2 Bedarf Nichtlinearer Physikthemen

Bezogen auf die vorherigen Items kann davon ausgegangen werden, dass Lehrer_innen, die dem Begriff *Nichtlineare Physik* keine bzw. nur wenige Themenbereiche zuordnen können, dies nun mit drei Teilbereichen verbinden: *Chaosphysik*, *Strukturbildung & Selbstorganisation* sowie *Granulare Materie*, mit den entsprechenden Beispielen (vgl. S. 5-6 im Fragebogen im Anhang). Also erscheinen diese drei Themen für ca. die Hälfte aller befragten Lehrer_innen als unterrichtsrelevant.

Der sehr große Anteil an Lehrer_innen (70 %), die angeben, dass es nicht ausreichend Materialien zur Aufbereitung der Nichtlinearen Physik gibt (s. Abb. 7), erscheint überraschend. Zum Vergleich dazu scheinen didaktische Aufbereitungen zu aktuellen Themen eine weitere Verbreitung zu haben (z. B. Elementarteilchen, Higgs-Bosonen, Schwarze Löcher, etc.), dennoch ist die Ablehnung dort höher ausgeprägt (75 %). Vereinfacht gesagt: Des Bedürfnis nach didaktischen Aufbereitungen zu aktuellen Themen ist größer als zu Themen der Nichtlinearen Physik.

Dies könnte ein Hinweis auf a) das Verständnis des Begriffs ‚aktuelle Themen‘ das, der möglicherweise eng gefasst ist in der Wahrnehmung der befragten Lehrer_innen, b) einen wesentlich höheren Bedarf bzgl. aktuellen Themen der Physik sein oder c) es stellt lediglich eine zufällig Abweichung dar.

In der Detailanalyse fällt sogar das Folgende auf: Betrachtet man nur die Befragten, die die Unterrichtsrelevanz der Nichtlinearen Physik stark ablehnen²⁰, so könnte man erwarten, dass diese Gruppe der Ansicht ist, dass es ausreichend didaktische Aufbereitungen gibt. Dies trifft aber nicht zu: Der Mittelwert der stark Ablehnenden beträgt ca. $-1,9 \pm 0,8$ und ist somit vergleichbar mit der Gegengruppe (ca. $-1,8 \pm 0,3$). Das lässt den Schluss zu, dass hier stillschweigend vorausgesetzt wurde, dass die Nichtlineare Physik unterrichtet werden sollte.

Auf Basis der oben dargestellten Daten lässt sich also zusammenfassen: Es gibt einen Bedarf seitens der befragten Lehrkräfte in Bezug auf die Entwicklung von didaktischen Aufbereitungen zur Nichtlinearen Physik.

¹⁸ Das Thema „Nichtlineare Physik, Chaos“ wird im Berliner Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe II als Wahlthema angeboten für die Kurhalbjahre (im Grundkurs wie auch im Leistungskurs) [8].

¹⁹ Als „stark ablehnen“ wird ein Skalenwert von -3 oder -2 angenommen.

²⁰ Ablehnung der Unterrichtsrelevanz (s. Abb. 6) mit einem Skalenwert von -3 oder -2

7.3 Bevorzugte Formen didaktischer Aufbereitung

Insgesamt liegt das Feld der verschiedenen Formen der didaktischen Aufbereitungen eng beieinander (Mittelwerte von ca. 4,2 bis ca. 2,7 bei einer Skala von 0 bis 5 und Standardfehlern von ca. 0,3). Dennoch gibt es klare Präferenzen.

Dass trotz unterschiedlicher Attraktivität das Nutzungsverhalten vergleichbar ist (wie z. B. bei den Optionen „b) Schüler_innenexperimente zur Messung“ und „e) Computer-Simulationen“), könnte natürlich mit dem entsprechenden Angebot zusammenhängen. Die Verfügbarkeit von Computersimulationen ist ungleich höher, meistens sind die Angebote kostenlos, und der Einsatz bedarf nur eines geringen Planungs- und Zeitaufwands. Dies kann aber im Rahmen der vorliegenden Analyse nicht geklärt werden. Kritisch betrachtet werden muss, dass der Punkt Fortbildung in der Nutzung zunächst unterrepräsentiert erscheint, weil er in einzelne Varianten zerlegt ist – zusammengefasst (f,g,i und j) ergibt sich, dass ca. 55 % eine Fortbildung genutzt haben. Die Verzerrung hin zu vielen jungen Lehrer_innen und Referendar_innen könnte eine Erklärung dafür sein, da diese noch weniger Berufszeit hatten und somit auch weniger Möglichkeiten an entsprechenden Fortbildungen teilzunehmen. Analysiert man die Daten nach den Lehrkräfte mit mindestens fünf Jahren Berufserfahrung²¹ ergibt sich, dass ca. 65 % der Lehrkräfte an einer Fortbildung teilgenommen haben [N=74, entspricht 69 % der Stichprobe].

Auf Basis dieser Daten erscheint uns die Entwicklung eines Experimentierkits am sinnvollsten, weil es einerseits bei den Befragten attraktiv erscheint und tatsächlich auch im Unterricht häufig genutzt wird, speziell bei Experimenten für Schüler_innen mit Messaufgaben.²² Die Gruppe der interessierten Lehrer_innen an Themen der Nichtlinearen Physik zeigte keine weiteren Interessen mit hohen Ausprägungen für eine Entwicklung.

7.4 Bekanntheit/Umsetzung Nichtlineare Physik

Alle drei Themenfelder *Chaosphysik*, *Strukturbildung & Selbstorganisation* und *Granulare Materie* erscheinen ähnlich stark vertreten.

Die Beschäftigung mit diesen Themen erscheint größtenteils angetrieben von Eigeninteresse (vgl. Abb. 15) und weniger gesetzt durch Ausbildung bzw. Studium. Leider ist die Fragestellung an dieser Stelle etwas unklar, und es wäre denkbar, dass die Auszufüllenden die Einschränkung Ausbil-

dung/Studium überlesen haben. Trotzdem kann angenommen werden, dass, wenn ein/e Lehrer_in sich mit einem Themenbereich der Nichtlinearen Physik beschäftigt, dies auf Eigenantrieb zurückgeht.

Interessant ist, dass *Chaosphysik* einen höheren Bekanntheitsgrad hat als das Überthema *Nichtlineare Physik*. Folglich ist der Begriff *Chaosphysik* in der Wahrnehmung der Lehrer_innen kein Teilbereich der *Nichtlinearen Physik*.

8. Ergebniszusammenfassung

Die Analyse der Erhebung zeigt, dass es bei den befragten Lehrkräften einen hohen Bedarf an didaktischen Aufbereitungen zu aktuellen Themen der Physik gibt (aus Sicht der Lehrer_innen). Ca. 75 % der befragten Lehrer_innen wünschen sich dies, wobei aber nur ca. 65 % der befragten Lehrer_innen zustimmen, dass aktuelle Themen im Physikunterricht behandelt werden sollten. Ein ähnliches Bild zeigt sich für Themen der Nichtlinearen Physik, allerdings mit kleineren Anteilen: Ca. 65 % der befragten Lehrer_innen wünschen sich didaktische Aufbereitungen zur Nichtlinearen Physik und ca. 50 % stimmen zu, dass Themen der Nichtlinearen Physik im Unterricht behandelt werden sollten.

Die befragten Lehrer_innen erachten vor allem experimentelle didaktische Aufbereitungen als attraktiv. Es wird angegeben, dass experimentelle Angebote (Experimentierkoffer o. ä.) etwas stärker eingesetzt bzw. genutzt werden als z. B. Fortbildungen (ca. 75 % zu ca. 55 %). Allerdings hebt sich das Angebot einer Computer-Simulation davon stark ab: Der Computereinsatz wird als mittelmäßig attraktiv eingestuft, aber überproportional stark genutzt (ca. 60 %).

Die vorliegenden Befunde führen in dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt, in dem sich diese Bedarfsanalyse eingliedert, zu der Entscheidung, als die anstehenden Entwicklungsarbeiten zur Aufbereitung von Themen der Nichtlinearen Physik ein Experimentierset erarbeitet werden soll.

Abschließend wurden noch der aktuelle Umsetzungsstand zur Nichtlinearen Physik erhoben: Ca. 15 % der befragten Lehrer_innen gaben an, bereits mindestens ein Thema der Nichtlinearen Physik unterrichtet zu haben. Insgesamt erscheinen die drei untersuchten Teilbereiche (*Chaosphysik*, *Strukturbildung & Selbstorganisation*, *Granulare Materie*) gleichermaßen attraktiv, bekannt und stark umgesetzt, obwohl die Beschäftigung mit dem Thema *Chaosphysik* größer war. Allgemein scheint das Wissen dafür eher aus Eigeninitiative, als aus vorgegebenen Ausbildungsinhalten zu stammen.

Das Thema *Nichtlinearen Physik* ist also durchaus in der Schule ‚vorhanden‘, aber eher als ein Randthema.

²¹ Berufserfahrung inkludiert die Zeit als Referendar_in.

²² Wobei hierbei kritisch angemerkt werden muss, dass die Formulierung von b) sich in soweit unterscheidet, dass bei a) und c) von einem expliziten Koffer die Rede ist, aber bei b) allgemeiner von einem Satz Schülerexperimente. Dies könnte für eine mögliche Verzerrung der Antwortverhältnisse verantwortlich sein.

9. Literatur

- [1] Haupt, J. S.; Nordmeier, V. (2012): Granulare Materie und dissipative Strukturbildung bzw. Selbstorganisation: Kontexte, Theorien und Inhalte der Themen – Ergebnisse einer Expertenbefragung. In: PhyDid B – Didaktik der Physik. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydi-d-b/article/view/415> (04.02.2013)
- [2] Prüfer, P.; Rexroth, M. (2008): Zwei-Phasen-Pretesting. In: ZUMA-Arbeitsbericht (08). <http://www.gesis.org/publikationen/archiv/zuma-und-za-publikationen/zuma-arbeitsberichte/1998-2000/#c4677> (letzter Zugriff: 26.11.2012)
- [3] Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft Berlin: Berliner Schulverzeichnis. http://www.berlin.de/sen/bildung/schulverzeichnis_und_portraits/anwendung/SchulListe.aspx (10.10.2014)
- [4] Stadtmüller, S.; Porst, R. (2005): Zum Einsatz von Incentives bei postalischen Befragungen. http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/howto/how-to14rp.pdf (19.04.2013)
- [5] Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2010): Studentafel. http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/bildungswege/sekundarschule/studentafel_02_2010.pdf?start&ts=1306324427&file=studentafel_02_2010.pdf (letzter Zugriff: 27.10.2014).
- [6] Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2014): Gymnasium. <http://www.berlin.de/sen/bildung/bildungswege/gymnasium/> (letzter Zugriff: 27.10.2014).
- [7] Daten aus Anfrage an die Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Referat I C - Bildungsstatistik - Prognose; Stichtag der Daten: 1.11.2013.
- [8] Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin (2006): Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe II – Physik – Land Berlin.